

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-006595

(43)Date of publication of application : 13.01.1986

(51)Int.Cl.

F28F 1/40

B21C 37/15

B21D 53/06

F28F 1/08

(21)Application number : 59-125224

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 20.06.1984

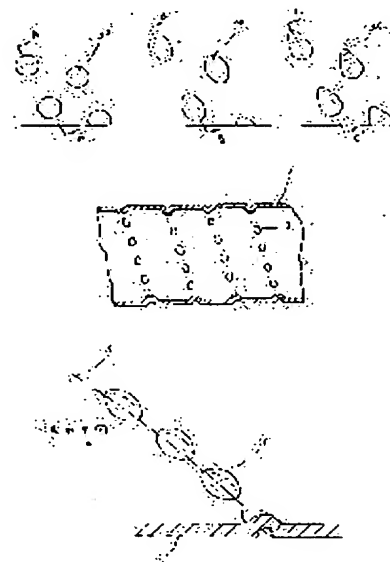
(72)Inventor : KUWABARA HEIKICHI
TAKAHASHI KENJI
YANAGIDA TAKEHIKO
NAKAYAMA HISASHI
SUGIMOTO SHIGEO
OIZUMI KIYOSHI

(54) HEAT TRANSFER PIPE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain high quality of the heat transfer rate by inducing the turbulence in fluid as well as to obtain a heat transfer pipe having the heat transfer surface construction of high durability, by a method wherein protuberance of which side being continuous circle or ellipse shape having curvature, are provided at the inside of pipes, and rib shapes are formed incurved surface shapes.

CONSTITUTION: Protuberances 3 are formed along curved lines 4 of spiral type in the inner wall surface of the heat transfer pipe. These protuberances 3 take the shape of circular protuberances 32 in front view, or ellipse type protuberances 34 or ellipse curved line shaped protuberances 36 of nonsymmetry similar to the cross section of oval shape. Also about the shape of the section surface of higher part than the base of the protuberance, it takes similar shape with of each base, and the section area is decreased comparing to the base. The shape of the section is not angular line of the acute angle shape to distinguish the side of each rib, and is formed with curved line. Since the heat transfer is accelerated by protuberances which are formed in the inner wall of the pipe and having smooth curvature, the heat transfer pipe is difficult to receive the fluid pressure, the heat transfer rate is improved by very small fluid eddies which are induced by the protuberance having anti-corrosion quality and, moreover, smooth shape.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

PARTIAL TRANSLATION OF
Japanese Patent Publication SHO 61-6595 to be submitted as IDS

Page 3, Lower left column, Lines 4 to 15:

The fluid flow passing along the row of protrusions formed on the inside of the tube and having curvature depends on the arrangement of thereof. Fig. 9 shows a fluid flow for the staggered arrangement of protrusions 3 wherein the flow 90 after diffusion of fluid impinges again on the downstream protrusion whereby the heat transfer effect is maintained.

On the other hand, Fig. 10 shows a fluid flow for the grid-like arrangement of protrusions 3 wherein the flow outside the protrusions passes in a straight line in the direction of the tube axis and the vortex 100 before diffusion of fluid impinges on the downstream protrusion whereby the heat transfer effect is decreased.

Therefore, the improved heat transfer effect is obtained for the staggered arrangement of protrusions as compared to that of the grid-like arrangement of protrusions.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-6595

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)1月13日

F 28 F 1/40
B 21 C 37/15
B 21 D 53/06
F 28 F 1/08

A-6748-3L
6778-4E
6778-4E
6748-3L

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 伝熱管及びその製造方法

⑯ 特 願 昭59-125224

⑰ 出 願 昭59(1984)6月20日

⑱ 発 明 者	桑 原 平 吉	土浦市神立町502番地	株式会社日立製作所機械研究所内
⑱ 発 明 者	高 橋 研 二	土浦市神立町502番地	株式会社日立製作所機械研究所内
⑱ 発 明 者	柳 田 武 彦	土浦市神立町502番地	株式会社日立製作所機械研究所内
⑱ 発 明 者	中 山 恒	土浦市神立町502番地	株式会社日立製作所機械研究所内
⑱ 発 明 者	杉 本 滋 郎	土浦市神立町603番地	株式会社日立製作所土浦工場内
⑱ 発 明 者	大 泉 清	土浦市木田余町3550番地	日立電線株式会社土浦工場内
⑲ 出 願 人	株式会社日立製作所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地	
⑲ 出 願 人	日立電線株式会社	東京都千代田区丸の内2丁目1番2号	
⑳ 代 理 人	弁理士 高橋 明夫	外1名	

明 細 書

1. 発明の名称 伝熱管及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 伝熱管内面に突起列を有するものにおいて、

1条あるいは複数条の螺旋曲線に沿って一定間隙で断続的に、底面及び任意の高さにおける横断面が形状が円または楕円、または非対象な楕円曲線であり、横断面積が高さ方向に減少するような突起列を設けたことを特徴とする伝熱管。

2. 第1項において、前記突起列を、管軸方向に千鳥状に配列したことを特徴とする伝熱管。

3. 伝熱管内面に、塑性加工により、1条あるいは複数条の螺旋曲線に沿って一定間隙で断続的に突起列を設けるものにおいて、管外から管内への押出し加工により管内面に突起列を形成することを特徴とする伝熱管の製造方法。

4. 第3項において、外周に突起列を有するロールを、素管の外周側から押し付け、管内面

に断続的に突起列を形成することを特徴とする伝熱管の製造方法。

5. 第4項において、前記ロール外周の突起列は先端が丸形あるいはU字形であり、管内面に形成される突起列は、底面及び任意の高さにおける横断面形状が、円または楕円、または非対象な楕円曲線であり、横断面積が高さ方向に減少するような突起列であることを特徴とする伝熱管の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

この発明は、空気調和機、冷凍機等の熱交換器に用いる伝熱管の構造及び製法に関するものであり、特に該伝熱管の内面構造が滑らかな曲線で形成された突起列を有する单相流伝熱管に適した面構造に係わる発明である。

〔発明の背景〕

周知の如く空気調和機や冷凍機等の熱交換器には伝熱管が設けられており、これらの管の内面の構造は管に加工を施さない平滑管の他、特公昭49

-31863 号公報の例のように管壁内側に転造用の加工プラグを挿入し、溝加工を行うことにより一次側のリブを設けた後、さらに追加工により二次側の溝を付けた三次元状の面構造を有する管が知られている。

この面構造を有する伝熱管を例えば単相流用の伝熱面に用いたとすると、この面構造の突起形状 2 は丸みを帯びていない鋭角状であり、後に詳述するが角を曲がる流れによりはく離渦を生じ、伝熱管の出入口間の流体の圧力損失が高くなり、流体の駆動力を多く要する。また、流体の流線に対する垂直な平面に対しては、流体がその部分でよどむために運動エネルギーが衝突の圧力となり、このためその部分が長時間たつうちに減耗する。伝熱性能については、この減耗によりリブの高さ、リブの形状が最適値から変動するために初期の性能値よりも低くなる。

またこの転造プラグを用いる方法は、一次溝と二次溝を加工しなければならないので、必然的に加工工程が増え、コストアップの要因となってい

る。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、管内单相流熱伝達性能を向上させるために、管内側に突起の辺が曲率を有する連続した円、またはだ円形状の突起を設けて、流体に乱れを誘起させ熱伝達率が高い性能を得るとともに、リブ形状を曲面状に形成することによって耐久性の高い伝熱面構造を有する伝熱管及びその製法を提供することにある。

〔発明の概要〕

上述目的を現実するために、この発明は、突起の横断面の形状が、底面及び任意の高さの位置において円、またはだ円であるような滑らかな曲線で構成された突起を、管内にらせん状の曲線に沿って規則正しく配列したものである。

〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を第 1、第 2 図により説明する。伝熱管内壁面 1 に、第 2 図に示すような突起 3 をらせん状の曲線 4 に沿って形成する。この突起 3 は、第 3 図 (A) に示すように、正面

図が円形の突起 3 2 か、あるいは第 3 図 (B) に示すように、楕円形の突起 3 4 か、または (C) に示すように卵形の断面形に類似した非対称の楕円曲線状の形状 3 6 をしている。また、突起の底面より高い部分の横断面形状も、それぞれ底面と類似の形状をしていて底面より断面積は減少している。また断面形状は、それぞれリブの辺を区別するような鋭角形状の角張った線ではなく、第 4 図 (A), (B), (C) に示すように曲線で形成されている。

次に本発明の製造方法を図面をもつて説明する。第 5 図に示すように、先端が円弧状あるいは矩形状の歯 4 0 を持つ歯車状の工具 5 0 を伝熱管 1 の外側から押し付けて、管内壁側に突起 3 の列を形成する。突起 3 の円周方向ピッチは、工具 5 0 に備えられた歯 4 0 の円周方向ピッチに等しく、工具 5 0 の押し付け量を調節して、突起 3 の高さを定めることが出来る。工具 5 0 を管軸に対して直角方向に回転させる場合には、各々独立した突起列 3 を管内壁に設けられるし、工具 5 0 を図に示

すようにスパイラル状に進めると、スパイラル状に進む突起列 3 が形成される。スパイラル状に突起列を形成する方が、それにもとづくところの工数が減ぜられることはもちろんである。そして第 5 図には、工具 5 0 ひとつを用いて一条の突起列を設ける図を示してあるが、工具 5 0 を複数個並べて複数条の突起列を形成することも可能である。これらの選択は、突起列形成にもとづく工数の削減を図ることも出来るか、突起の円周方向ピッチと、突起列の管軸方向ピッチとの相関によって決められる。このような方法により、突起 3 の横断面形状が円弧形状をしており、突起列方向に切った突起 3 の縦断面形状が、突起列の長手方向に向って円弧状に起伏を持つような突起形状をした突起列を管内壁に形成することができる。突起列は図のように、各々独立した、先端にまるみをおびた円すい形状の突起を内壁面上に並べた構造でも良いし、同一突起列において、隣接する突起間が管内壁の平滑部よりも起伏していてもよい。

本発明の伝熱管のリブは、第 6 図に示されるよ

うに、縦断面では、流れがリブに衝突してもリブが曲率を有しているため、流線が急激に曲らずにリブに沿って流れ、壁面に働く流体の粘性力に起因するせん断応力の作用がより少なく、流体のせん断応力に起因する潰食の作用が小さい。第7図に示すように、横断面でも示されるように、突起の側面部分を通る流れも曲率を有するために、流線の方向の急激な変化、及びはく離渦の発生量は少なく流体力の作用による潰食の作用はごくわずかである。

伝熱性能について、本発明の曲率を有する三次元形状の突起を有する伝熱管の性能の一例を第8図に示す。本発明の伝熱管性能は、リブ高さ、ピッチ P 、管軸方向の配列に影響を受ける。図に示した結果は、リブ高さが 0.45mm 、管軸方向のピッチは 7mm で、円周方向のピッチは円周方向の距離 y が 4mm と 3mm の場合について実験を行った。図において $y = 3\text{mm}$ を Δ 印、 $y = 4\text{mm}$ を \bigcirc 印で示してある。熱伝達率については、 $y = 4\text{mm}$ の場合は平滑管に対して約2倍の高性能を有している。円

周方向ピッチ $y = 3\text{mm}$ については、 $y = 4\text{mm}$ に比べて熱伝達率、圧力損失の性能とも低くなっている。一方、従来から用いられている、コルゲートのリブの連続している、いわゆる二次元リブ付管については第8図に示されるように熱伝達性能は高いが、圧力損失が大幅に高くなっている。圧力損失が高すぎると、同じ流体を循環させるのに要するポンプ動力が多く消費されるので圧力損失は低い方がよいが、本発明の伝熱管の場合(\bigcirc 印)は、熱伝達率の上昇分により、同じ熱負荷であれば必要伝熱面積は少なくて良くなり、圧力損失がその分だけ減少するので抵抗係数の増加分は十分吸収することができる。二次元物体後部の流れについては、物体高さのおよそ10倍程度の突起の後流部分において熱伝達率が局所的に高くなるので、この寸法の点でのピッチを有する突起列が最適なピッチであろうということが類推できる。本発明の突起高さは、 0.45mm であり、従来種々の伝熱管について実験的に調査をすると、突起が断続している場合、 0.5mm 前後が最適な突起高さであ

り、このことから、第6図のハッチングで示された部分で示した $0.5 \times 10 = 5\text{mm}$ 位の再付着領域 A で最適なピッチが存在するといえる。

管内側に形成された丸みを帯びた突起列を過ぎる流れは、その配列によつて異なる。第9図に示される流れは、突起3が千鳥状に配列された場合の流れのパターンを示したもので、突起後流90が後流部の突起に再衝突することによつて、伝熱促進効果が維持されるわけであるが、第10図に示されるように、葎盤状の突起3を配列すると突起後流100の渦が拡散する前に再び突起に衝突し、十分に伝熱促進効果を示さない。また、突起外側の流れは、管軸方向に直線状に流体が流れ、伝熱促進されないのので、配列は葎盤状よりも千鳥状にした方が伝熱性能は高くなる。

以上述べた本発明の伝熱管の外表面にも伝熱面構造を設けることもできる。以下にその方法を述べる。まず、伝熱管の内面に、第5図のようにして突起を形成する。

次に工程において、第11図に示すように管外

の平滑部7つまり突起を形成する際の凹部が形成されていない部分に多孔質な沸騰伝熱に有効な伝熱面構造8を設ける。一例として、先ずローレット加工によつて、管軸に対してほぼ 45° の方向に浅い溝($0.1 \sim 0.2\text{mm}$)を形成させる。次に管軸に対してほぼ直角にバイトによるすきこし加工を行い、フィン12を形成させる。このフィン高さは約 1mm 、ピッチは $0.4 \sim 0.6\text{mm}$ が適当である。このようにすることにより、加工前に平滑であった面上にノコギリ歯状のフィン列が設けられる。次の工程によりロール加工などによつて、ノコギリ歯状フィンをねかせて、あるいはフィンをつぶすような方法により、隣接フィン同志を接合して、伝熱面の表皮下に空洞9と開孔10を有する多孔突構造8を形成出来る。第12図に伝熱管の外観を示す。

例えば、このような伝熱管の管内に水を、管外に低沸点有機媒体であるフロン冷媒を流す場合を例にとる。伝熱管を多数管内に挿入したシエルチューブ形熱交換器が広くターボ冷凍機の蒸発器

などの利用されている。管内側の水の温度が管外側のフレオン冷媒の温度に比べて約5～10℃ぐらい高いのが通例である。管内流は、突起の存在により、壁面近傍において乱れを生成し、管内壁と管内流の主流との間の熱交換が、変形な面の場合に比べて活発に行なわれる。

一方、管外壁と管外側のフレオン液冷媒との熱交換においては、一担沸騰が起きると、空洞内に蒸気泡が保持され、空洞内壁と蒸気泡の間に薄いフレオン液膜が形成される。この薄液膜の蒸発によつて、液の蒸発にもとづく潜熱輸送が促進される。

第13図にリブ高さが0.3mmの場合を例にとり、突起ピッチPが伝熱管の伝熱効率に及ぼす影響を示す。図からわかるように、高い伝熱効率を得られる突起ピッチPの最適な範囲がある。つまり、Pが大きい場合は管外側の平滑部の面積が大きくなり、沸騰伝熱に有効な機械加工による多孔質構造を形成する伝熱面積を広くとれる。そのために管外側の伝熱効率は、その面積増加分向上する。

ところで、本発明の伝熱管でシエル・チューブ形熱交換器を構成する場合、第15図に示すように伝熱管の両端部15を広げておいて、突起形成加工を行つた後に、管板16に伝熱管を挿入して、拡管などにより管板と伝熱管とを接合する方法がとれる。従来のプラグ加工、あるいは引き抜き加工により管内に突起を設ける方法は、伝熱管の両端部がストレートでなければ加工が出来ないため、一旦管内突起加工を行つた後に、両端部分の突起を切削加工して、平滑面にしてから拡管を行つてゐる。従つて本発明による伝熱管は、シエル・チューブ熱交換器を構成する場合において、その組立工程を減らすことが可能となる。

〔発明の効果〕

以上この発明によれば、管内壁に形成された滑らかな曲率を有する突起により伝熱促進を行うので、流体力を受けにくいので耐腐食性を有し、かつ滑らかな突起によつて誘発される微少な流体渦によつて熱伝達率を向上させることが可能であり、機器の熱効率が増大する。

一方、管内側の熱伝達率は、Pが大きくなると第14図のように突起3によつて生ずる流れの乱れ70が、その後流側の壁面近傍部まで影響を及ぼさない領域が生じるために、急激に伝熱効率が低下する。この場合、管外側の沸騰性能が向上する割合に比べて、管内側の強制対流による伝熱性能の低下割合が大きい。そのために伝熱管としての総合的な伝熱効率はPが大きくなると急激に低下する。次にPが小さい場合は、ある程度よりも小さくしても乱れの影響が及ぼす伝熱面範囲は増加しないため、管内強制対流の伝熱効率はそれほど変化しなくなる。一方、管外側は、Pが小さくなると、管外くぼみの占める面積の、管外全体の面積に対する割合が急激に小さくなるために、管外沸騰伝熱性能も急激に低下する。従つて、伝熱管としての総合的な伝熱効率はPが小さくなつても急激に低下する。以上のような現象によつて、伝熱管の総合的な伝熱効率を高く保つ最適な突起ピッチPの範囲が存在することになる。第13図からその最適な範囲は5mm～15mmである。

また、この曲率を有する突起列を、管軸方向に千鳥状に配設すれば、伝熱促進に寄与する渦を有効に活用できるので圧力損失の増加量がわずかで、熱伝達率を増加させることができる。

さらに、この形成の突起列を形成させるのに、管外から歯車状に突起のついたディスクを押し付けて容易に製造することができるので、コストダウンにつながる優れた効果が奏される。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例になる伝熱管の縦断面図、第2図は、本発明の伝熱管構造を示す要部拡大斜視図、第3図(A)、(B)、(C)は、この発明の他の実施例を示す平面図、第4図(A)、(B)、(C)は各々第3図の換断面図、第5図は本発明の製法の一例を示す図、第6図は、本発明の伝熱管の断面図、第7図は同正面図、第8図は、実験データ表示グラフ、第9図及び第10図は、突起の配列を示す正面図である。第11図、第12図は本発明の応用例を示す図、第13図は突起ピッチと伝熱効率の関係を示す図、第14図

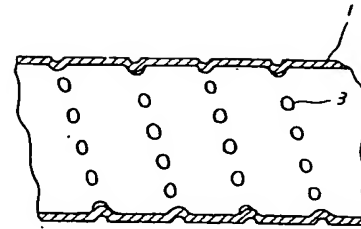
は特性説明図、第15図は第12図の伝熱管の使用例を示す要部縦断面図である。

1…伝熱管壁面、3…突起、4…らせん状曲線、
32…円状突起、34…楕円状突起、36…非対称の楕円曲線から成る突起。

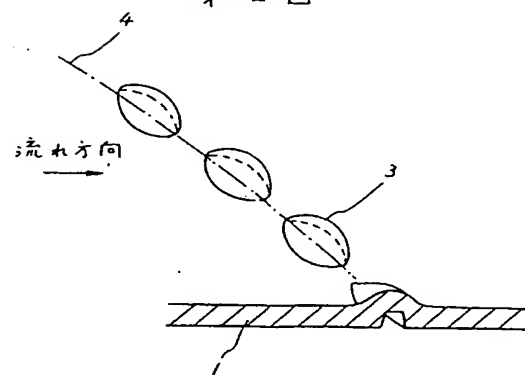
代理人 弁理士 高橋明夫



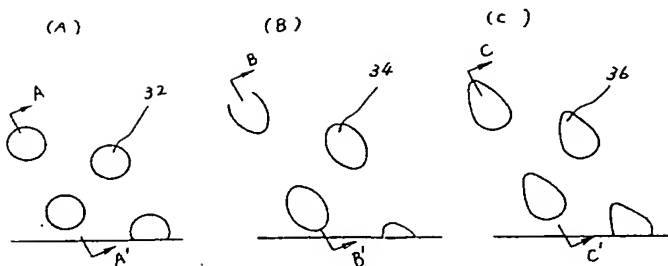
第1図



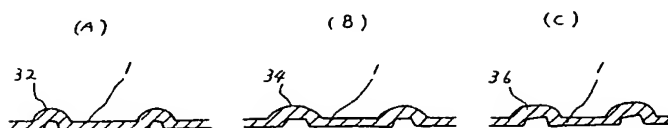
第2図



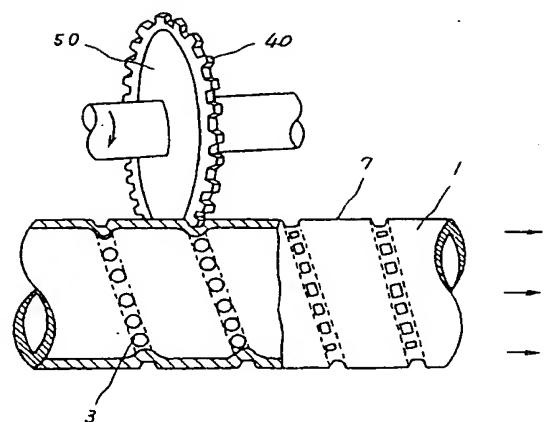
第3図



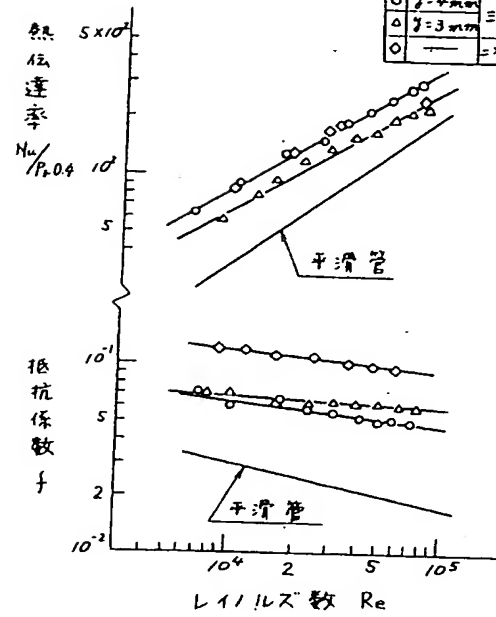
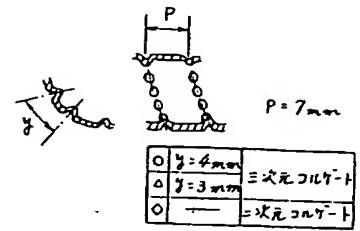
第4図



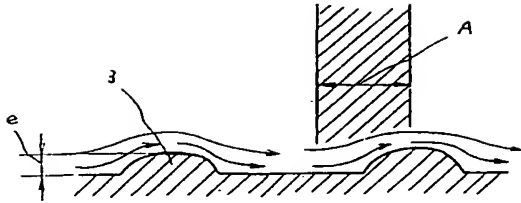
第5図



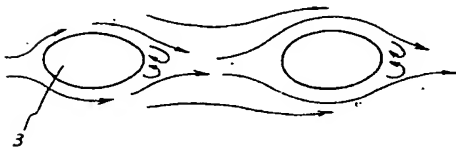
第 3 図



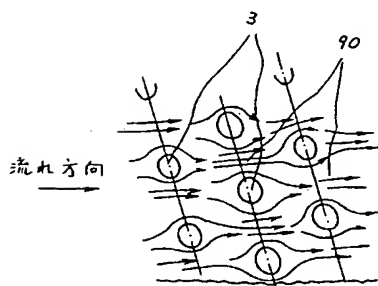
第 6 図



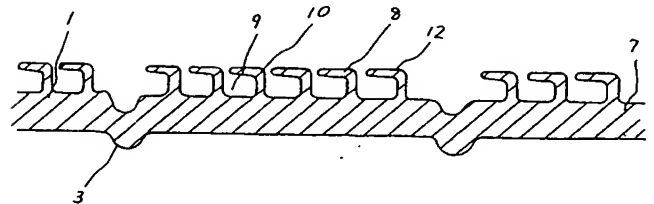
第 7 図



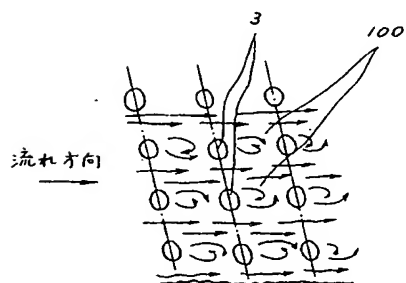
第 9 図



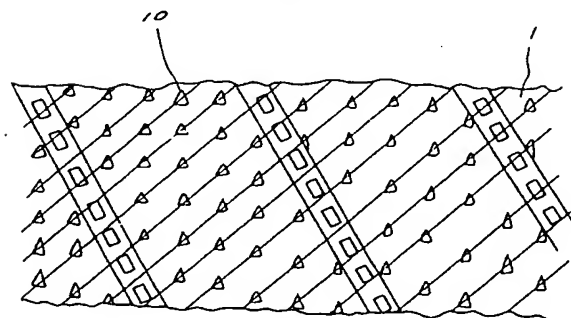
第 11 図



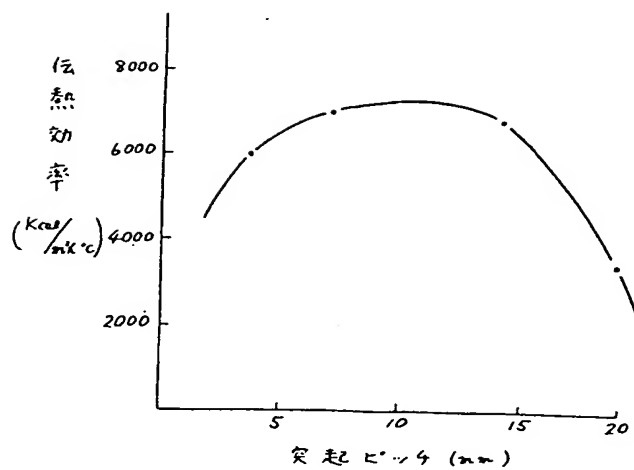
第 10 図



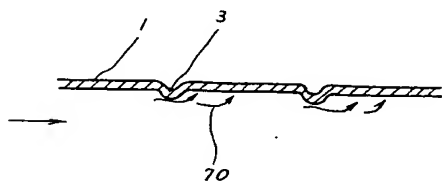
第 12 図



第 13 図



第 14 図



第 15 図

